

APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA GESTÃO DE EFLUENTES DE UMA INDÚSTRIA DO SEGMENTO METAL MECÂNICO

APPLICATION OF CLEANER PRODUCTION IN WASTEWATER MANAGEMENT IN THE SEGMENT OF INDUSTRIAL METAL MECHANICAL

Tiago Junior Richit. Especialista em Gestão Ambiental pela UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina- MBA em Gestão Ambiental.

tiago.richit@gmail.com

Rafael Feyh Jappur. Doutor em engenharia e gestão do conhecimento pela UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina e docente da Faculdade SENAC Florianópolis.

rjappur@gmail.com

RESUMO

Este trabalho é uma análise do setor de tratamento de superfície de uma indústria metal mecânica, cujo objetivo foi identificar compostos problemáticos presentes nos processos envolvidos e oferecer alternativas tecnológicas isentas de compostos problemáticos para melhorar a gestão dos efluentes sem a necessidade de investimento em estrutura para o tratamento de efluentes. É uma pesquisa com enfoque quantitativo, através de um estudo de caso de uma empresa do ramo metal mecânico para aplicação das técnicas de produção mais limpa. O trabalho identificou compostos problemáticos junto à empresa e ofereceu sugestões tecnológicas de produção mais limpa com capacidade de atender aos requisitos técnicos e de qualidade, possibilitando uma melhora na gestão de efluentes através da minimização de compostos problemáticos nos processos.

Palavras-chave: Produção mais limpa. Estação de tratamento de efluentes. Galvanoplastia.

ABSTRACT

This work is an analysis of the surface of a mechanical metal treatment sector, aimed at identifying problematic compounds in the processes involved and offer technological alternatives free of troublesome compounds to improve wastewater management without the need for investment in structure to the wastewater treatment. It is a survey with quantitative approach, through a case study of a mechanical metal sector company for the application of cleaner production techniques. The work has identified problematic compounds from the company and offered technological suggestions of cleaner production capacity to meet the technical and quality requirements, enabling an improvement in effluent management by minimizing problematic compounds in the processes.

Keywords: *Cleaner production. Effluent treatment plant. Electroplating.*

1. Introdução

O cenário ambiental esta exigindo das empresas atitudes proativas frente a questões de sustentabilidade. Para que esta necessidade possa ser atendida, a tomada de decisão depende de estudos e elaborações de projetos que apontem as vantagens e desvantagens, necessidades técnicas, custos de implantação e tempo de retorno de forma satisfatória, evidenciando resultados positivos na gestão da empresa. A adoção da prática de produção mais limpa pode ser uma alternativa para manter a competitividade das empresas e reduzir os impactos ambientais.

Atividades industriais em seus processos geram resíduos, podendo ser sólidos, gasosos ou líquidos dos mais variados tipos e periculosidades. Resíduos líquidos industriais chamados de efluentes necessitam ser tratados para que não causem impacto nos ambientes onde serão descartados. Para cada tipo de resíduo gerado em uma empresa previamente licenciada em órgão competente há uma legislação específica regulamentando os parâmetros a serem atendidos bem como os limites de emissão.

As empresas por uma obrigação legal necessitam atender os limites de emissão estabelecidos através do tratamento físico químico, físico ou biológico de seus efluentes em sistemas contínuos ou em bateladas. Varias formas de tratamento podem ser implementadas pelas empresas, porem a escolha da tecnologia considera a complexidade do tipo de efluente, a capacidade financeira de cada empresa ou a exigência do mercado que a empresa ira atuar.

Os resultados de eficiência nem sempre são satisfatórias, pois refletem a forma de gestão dos resíduos industriais. A falta de conhecimento ou informação de cada tipo de resíduo gerado nos diversos processos não permite atingir bom resultado no tratamento ou até mesmo evitar o aumento da complexidade e toxicidade do efluente após a mistura entre diferentes efluentes no tratamento.

O planejamento operacional do processo gerador e da ETE são imprescindíveis para que os resultados analíticos do monitoramento dos limites de emissão sejam alcançados. Investigar a origem de cada tipo de efluente e suas características, buscar sua minimização, quantifica-lo e otimizar seu descarte junto a outros efluentes são ações de uma gestão de efluentes diferente de sistemas de gestão ultrapassados que tratam efluentes apenas quando chegam na estação de tratamento de efluentes.

O objetivo geral desta pesquisa é apresentar a produção mais limpa como ferramenta de sustentabilidade na gestão de efluentes de processos de galvanoplastia. Buscou-se identificar em um estudo de caso os compostos problemáticos presentes nos processos envolvidos e oferecer alternativas tecnológicas isentas de compostos problemáticos para melhorar a gestão dos efluentes sem a necessidade de investimento em estrutura para o tratamento de efluentes.

O atendimento dos parâmetros especificados na licença ambiental e a eficiência de uma ETE dependem da forma como é feita a gestão dos efluentes, onde cada efluente precisa ser submetido a um tratamento específico, considerando que misturas entre ambos pode favorecer ou dificultar o processo, além da necessidade da caracterização, quantificação e monitoramento da eficiência das ações, gerando registros e dados para uma gestão controlada. Resultados positivos em uma gestão de efluentes podem ser alcançados quando há o uso de técnicas de P + L sustentada por uma equipe técnica e operacional entrosada.

2. Breve fundamentação teórica

2.1 A produção mais limpa na galvanoplastia

A Produção mais limpa apresenta-se como uma ferramenta importante para a sustentabilidade nas organizações. Visando este ideal, muitas instituições estão investindo em projetos, ações para a produção mais limpa. De acordo com Amaral *et al.* (2003) a produção mais limpa é uma técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas nos processo produtivos.

Devido à grande quantidade de resíduos provenientes do processo produtivo dirigindo-se à ETE, é necessário trabalhar em busca de um modo de produção que possa minimizar a quantidade de poluentes a serem tratados. A Produção mais Limpa (P+L) entra neste contexto, através de uma análise de todos os processos produtivos que permite identificar algumas etapas em que a redução da geração de resíduos pode ser realizada. Segundo UNEP (2006), “Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada a processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência total e reduzir riscos aos seres humanos e ao meio ambiente”. Além dos benefícios ambientais decorrentes da minimização dos impactos ambientais, a P+L pode proporcionar economia, com contenção de custos e aumento de competitividade no mercado.

Giannetti *et al.* (2008) concluíram que empresas galvânicas podem melhorar seu desempenho ambiental com uma visão crítica do processo produtivo, através de práticas de P+L. Pequenas mudanças na produção com investimentos mínimos trazem benefícios econômicos e ambientais. De acordo com o autor, as intervenções de P+L resultaram na redução de consumo de matérias-primas, energia e custos para disposição de resíduos.

Existem algumas ferramentas, aplicadas à galvanoplastia, que possibilitam a redução de geração de efluentes e resíduos, de acordo com Bernardes et al. (2000), a saber: aumento da vida útil dos banhos, diminuição do arraste do banho, substituição de processos ou componentes problemáticos, lavagem adequada das peças e utilização de menor distância possível entre tanques

Outras técnicas de P+L são aplicáveis à galvanoplastia, e permitem redução no consumo de água nos processos produtivos de uma empresa. De acordo com Valenzuela (1999), as técnicas são as seguintes: Drag-Out; treinamento de funcionários; governança de produção (“housekeeping”) e manutenção preventiva; prevenção de vazamentos e derramamentos, gestão de inventário, testes de produtos químicos, manutenção da qualidade da água de entrada.

3. METODOLOGIA

O estudo ocorreu junto à estrutura fabril da Cavaletti SA Cadeiras Profissionais. Ela foi fundada em 1974 e tem atuação em todo o território nacional, e emprega padrões de qualidade

diferenciados na produção e desenvolvimento de assentos corporativos para áreas de trabalho, auditórios e espaços multiuso. Atualmente ocupa um moderno parque fabril no Distrito Industrial Irany Jayme Farina, às margens da BR-153. A área física total é de 81 mil m², sendo 27 mil m² de área construída. A estrutura abriga quase 500 colaboradores em diversas áreas.

A pesquisa é de caráter exploratório, através de um estudo de campo com observação sistemática e elaboração de um diagnóstico da situação, levantando dados quali e quantitativos dos processos geradores de efluentes bem como na estação de tratamento de efluentes. A pesquisa foi realizada no setor de galvanoplastia e na estação de tratamento de efluentes em três fases distintas. Cada uma detalhada a seguir no quadro 1.

Fases	Setor	
	Galvanoplastia	Estação de tratamento de efluentes
1º	Neste setor realizaram-se observações para entendimento do fluxo produtivo de cada processo de galvanoplastia, a identificação dos tipos de banhos existentes na galvanoplastia e a quantificação dos efluentes descartados e enviados para a ETE.	Ocorreram-se observações e acompanhamento do setor para entendimento do processo, identificaram-se as técnicas de tratamento atualmente usadas e suas dificuldades operacionais e analisaram-se as entradas e saídas dos efluentes na ETE
2º	Buscaram-se dados na literatura para o apontamento de novas tecnologias deste segmento.	Fundamentou-se um novo fluxo para os efluentes na entrada da ETE
3º	Apontaram-se os estágios de cada processo onde as alterações poderão ser realizadas e os ganhos por ela obtidos.	Redefiniram-se os novos fluxos de efluentes, e apresentou-se uma nova metodologia para o tratamento de efluentes

Quadro 1: Fases da metodologia. Fonte: elaborado pelos autores.

As fases descritas no quadro acima estão detalhadas nos próximos itens em acordo com as três fases

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A galvanoplastia usa uma variedade de produtos químicos e que posteriormente requerem um sistema para o seu tratamento. Os processos existentes correspondentes ao setor de tratamento de superfícies estão apresentados em caixas laranja na figura representativa do fluxograma geral da empresa (Fig. 01).

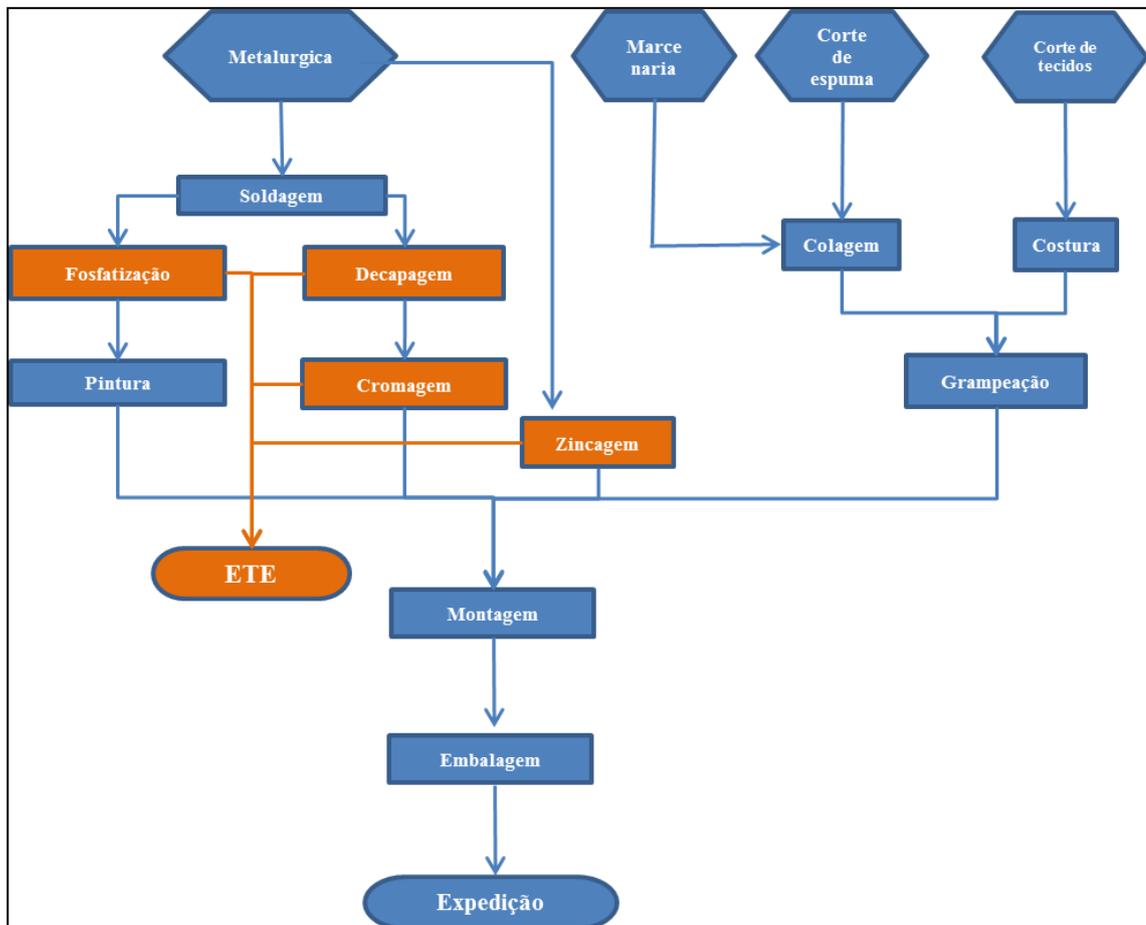


Figura 01: Representação esquemática do fluxo produtivo e processos de tratamento de superfície.
Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1 Primeira fase

O fluxo da produção ocorre de forma distinta, com a metalúrgica, marcenaria, espumas e tecidos (estofados) produzindo os itens de cada cadeira para posterior montagem, embalagem e expedição. O setor de tratamento de superfícies conhecido como galvanoplastia está alocado após a metalúrgica e não atua diretamente na fabricação de componentes para cadeiras, mas sim como preparador das superfícies dos itens de cada cadeira. Os acabamentos podem ser cromados, zincados ou pintados, porém para cada um destes estágios ocorrerem é necessária a existência de etapas de pré-tratamentos. A decapagem fornecendo peças para a cromagem e a zincagem e a fosfatização fornecendo peças para a pintura.

Deste modo evidenciou-se a presença e necessidade destes processos para que as cadeiras possuam o acabamento desejado pelo cliente.

4.1.1. Setor de Galvanoplastia

A empresa possui em seu setor de galvanoplastia, quatro processos geradores de efluentes líquidos: a decapagem, cromagem, zincagem e fosfatização. Ambos geram efluentes que necessitam passar por tratamento junto à estação de tratamento de efluentes. Considerando os processos existentes, iniciou-se a investigação dos estágios de cada um dos processos geradores de efluentes com o objetivo de identificar os contaminantes e suas necessidades de tratamento. O levantamento buscou identificar os tipos de efluentes gerados em cada processo, considerando suas misturas bem como os volumes. As informações são qualitativas e quantitativas e referem-se aos efluentes gerados e lançados para a estação de tratamento:

Processo	Efluente	Volume descartado	Frequência de descarte	Sistema
Zincagem	Alcalino contendo cianeto	200 L	diária	batelada
	Acido contendo cromo hexavalente	120 L	semanal	batelada
Decapagem	Misturas acidas e alcalinas contendo sais de sódio e ferro dissolvido	3000 L	diária	contínuo
Fosfatização	Misturas acidas e alcalinas, contendo sais de sódio, zinco, titânio e fosfatos	6000 L	diária	contínuo
	Acido contendo cromo hexavalente	3000 L	semanal	batelada
Cromagem	Alcalino contendo cianeto	4000 L	diária	batelada
	Acido contendo acido sulfúrico a 3 % e ferro dissolvido	1000 L	semanal	batelada
	Acido contendo sais de níquel	3000 L	diária	batelada
	Acido contendo cromo hexavalente	1000 L	diária	batelada

Quadro 02: Levantamento da composição dos efluentes em cada processo, volume e frequência de descarte e sistema de tratamento Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1.2 Estação de tratamento de efluentes

Este setor esta estruturado com seis tanques decantadores em fibra de vidro, dois tanques decantadores em polipropileno e dois tanques decantadores em aço inox para tratamento dos efluentes e um tanque pulmão de lodo e dois filtro prensa. A ETE opera em regime de bateladas, à medida que cada tanque atinge seu nível máximo inicia-se o tratamento, o quadro 03 apresenta as formas em que cada tipo de efluente é tratado:

Processo	Efluente	Forma de tratamento
Zincagem	Alcalino contendo cianeto	Oxidação com hipoclorito de sódio, ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
	Ácido contendo cromo hexavalente	Redução com metabissulfito de sódio, ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
Decapagem	Misturas ácidas e alcalinas contendo sais de sódio e ferro dissolvido	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
Fosfatização	Misturas ácidas e alcalinas, contendo sais de sódio, zinco, titânio e fosfatos	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
	Ácido contendo cromo hexavalente	Redução com metabissulfito de sódio, ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
Cromagem	Alcalino contendo cianeto	Oxidação com hipoclorito de sódio, ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
	Ácido contendo Ácido sulfúrico a 3 % e ferro dissolvido	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
	Ácido contendo sais de níquel	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
	Ácido contendo cromo hexavalente	Redução com metabissulfito de sódio, ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio

Quadro 03: Descrição dos efluentes em cada processo e forma de tratamento Fonte: Elaborado pelos autores.

Após conhecer os tipos de processos geradores de efluentes existentes na unidade estudou-se a forma como cada um é segregado para posterior procedimento de tratamento junto a ETE.

O descarte de efluente ocorre da seguinte maneira: Efluente contendo cianeto da zincagem é misturado com efluente da cromagem composto de cianeto; O efluente contendo cromo hexavalente da Zincagem é misturado com efluente contendo níquel da cromagem; Efluente da decapagem (ácido e alcalino, contendo sais de sódio e ferro) é misturado com efluente da cromagem contendo níquel; Efluente da cromagem contendo cromo hexavalente é misturado com o efluente da fosfatização contendo cromo hexavalente; O efluente da fosfatização (contendo alcalinos, ácidos, sais de sódio, titânio e fosfato) é descartado individualmente.

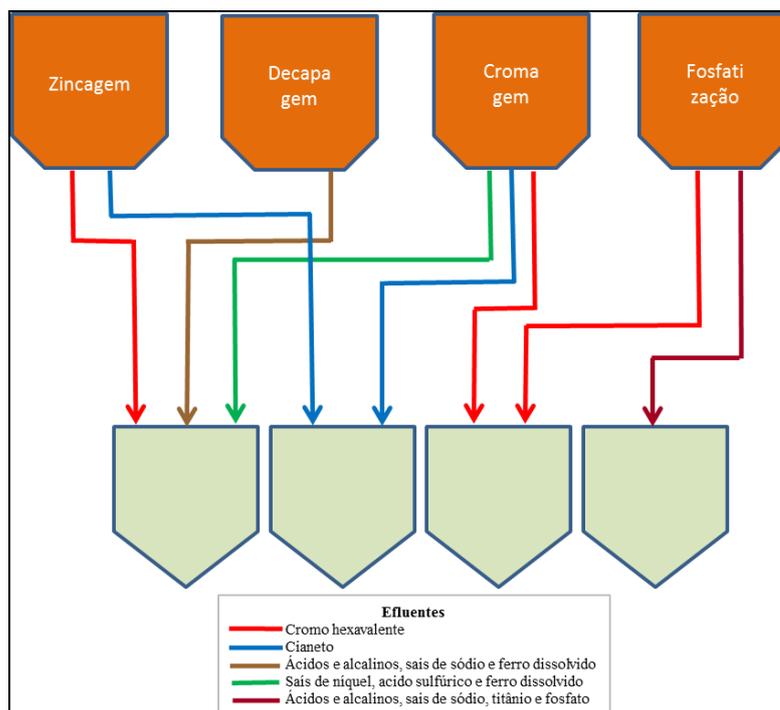


Figura 02: Esquema básico referente ao fluxo e segregação de efluentes junto a ETE. Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

A representação dos quatro processos geradores de efluentes e o fluxo de ambos para a ETE (Fig.02) evidencia a necessidade atual de segregar os efluentes em quatro tanques, a partir da composição de cada um.

4.2 Segunda Fase

4.2.1 Setor de Galvanoplastia

De acordo com Bernardes et al (2000) deve-se substituir o uso de desengraxantes de cianetos por desengraxantes à base de silicatos. Pode-se usar zinco ácido ou alcalino sem cianetos. Banhos alcalinos e/ou ácidos também substituem o uso de cianetos. O cádmio pode, também, ser substituído por deposição de zinco-níquel. Pode-se substituir o cromo por níquel químico e compósitos de níquel, e anodização com ácido crômico pode ser substituída por anodização com ácido sulfúrico e ácido sulfúrico/bórico. Agentes complexantes também são problemáticos para ETEs, pois são muito difíceis de precipitar. Então, é interessante procurar novas maneiras mais sofisticada de tratamento de efluentes. Deste modo evidencia-se que os compostos presentes no processo de galvanoplastia da empresa estudada são considerados problemáticos e capazes de causar maior perturbação ao meio ambiente quando não respeitados os requisitos técnicos para o seu devido tratamento.

Os compostos problemáticos identificados impactam diretamente nos procedimentos operacionais da estação de tratamento dos efluentes e carecem de uma atenção na segregação de cada um, para evitar a formação de complexos químicos que dificultam ainda mais o tratamento. Os dados abaixo mencionam os processos, seus efluentes e seus níveis de dificuldades de tratamento.

4.2.2 Setor de tratamento de efluentes

O tratamento dos efluentes de uma indústria galvânica, por processo físico-químico, deve ser realizado separadamente, pois o tratamento conjunto impossibilitaria sua otimização (CAMPOS, 1991). Assim, é necessário coletar os efluentes gerados no processo em tubulações distintas, para que não se misturem. Os despejos contendo cromo devem ser tratados para reduzir os ânions de cromo VI para cromo III, os despejos com cianeto devem ser oxidados, e os outros efluentes neutralizados em combinação com os demais. Os autores Bose, Bose e Kumar (2001) propuseram um método alternativo de tratamento em batelada para efluentes que contêm juntos, metais pesados e cianeto.

Com base nos autores acima, presume-se que a presença de cianeto e o cromo VI são responsáveis pela necessidade da segregação e a realização do tratamento separado dos efluentes gerados em processos de galvanoplastia. Deste modo, a alternativa proposta para o tratamento unificado de efluente contendo cianeto juntamente aos metais pode ser aplicada em casos onde não há presença de cianeto e cromo VI. Estações de tratamento necessitam maior homogeneização entre os efluentes recebidos, de modo a minimizar picos de concentrações de contaminantes e evitando o consumo excessivo de produtos durante o procedimento operacional e garantindo reprodutibilidade nos resultados analíticos de monitoramento.

4.3 Terceira fase

4.3.1 Setor de galvanoplastia

Considerando os aspectos ambientais envolvidos com alguns processos galvânicos, é possível prever a substituição de algumas tecnologias por outras que apresentem menor impacto ambiental ou mais sustentável.

- **Zincagem:** sugere-se eliminação da substância cianeto presente no banho de zinco alcalino com cianetos por um banho de zinco alcalino isento de cianeto. O cromatizante com cromo hexavalente por cromo trivalente. Estas sugestões estão consolidadas tecnicamente e disponíveis há décadas.

- **Cromagem:** no estagio de desengraxe eletrolítico onde o cianeto esta presente no banho pode-se substituí-lo por um desengraxante eletrolítico alcalino isento de cianetos, tecnologia disponível comercialmente por varias empresas nacionais e internacionais. No estagio de cromação, onde o cromo hexavalente na forma de acido crômico é utilizado, pode-

se substituir por um banho de cromo trivalente decorativo, tecnologia com maior custo de implantação, porém com resultados técnicos compatíveis com o cromo hexavalente.

- **Fosfatização:** neste processo, no estágio de passivação onde há a utilização de cromo hexavalente há a possibilidade de substituição por um passivador orgânico, com menor impacto ambiental.

É importante salientar que as alterações propostas acima necessitam de análise e acompanhamento de profissionais da área antes de qualquer substituição. Suas implantações dependem de maiores controles e adequações operacionais.

4.3.2 Estação de tratamento de efluentes

A ETE opera simultaneamente ao setor de produção, pois sua atividade ocorre quando há a necessidade de tratamento dos efluentes enviados pela galvanoplastia. A partir das sugestões de alterações apontadas para cada processo do setor de galvanoplastia, a ETE pode ter o fluxo de efluentes redirecionado, de modo a promover a mistura de todos os efluentes e em seguida o tratamento em um único tanque, mantendo uma homogeneidade da composição e concentração dos efluentes. O redirecionamento dos efluentes está apresentando na figura 03.

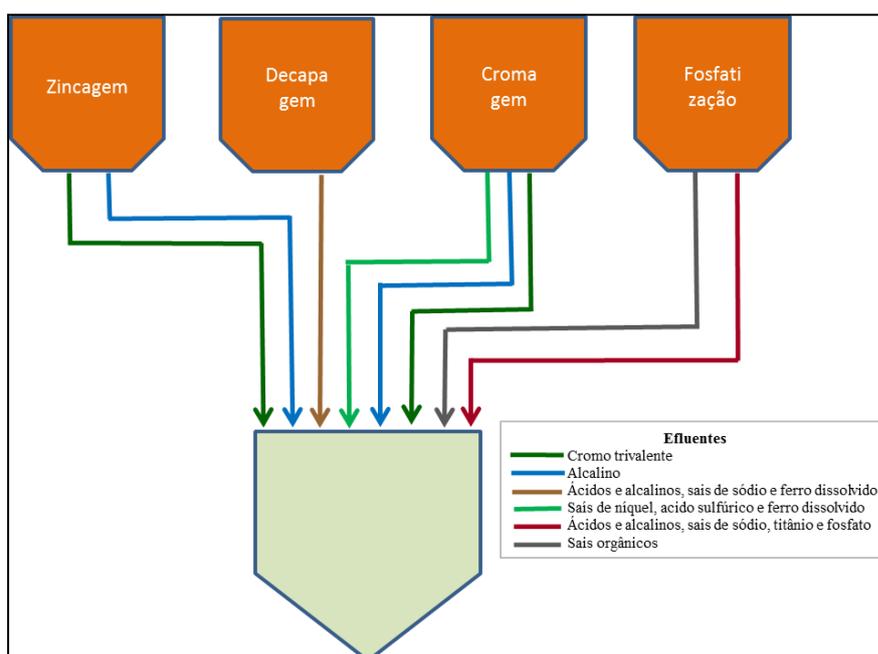


Figura 03: Fluxo provável dos efluentes permitido após implantação das tecnologias de produção mais limpa. Fonte: Elaborado pelos autores.

As alterações sugeridas afetam a forma como os efluentes podem ser tratados, e tendem a diminuir a complexidade durante os tratamentos, minimizam os impactos ambientais diretos relacionados com aos tratamentos, onde reações químicas tornam-se menos complexas.

Processo	Efluente	Forma de tratamento
Zincagem	Alcalino contendo isento de cianeto	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
	Ácido contendo cromo trivalente	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
Decapagem	Misturas ácidas e alcalinas contendo sais de sódio e ferro dissolvido	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
Fosfatização	Misturas ácidas e alcalinas, contendo sais de sódio, zinco, titânio e fosfatos	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
	Solução de sais orgânicos	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
Cromagem	Alcalino contendo isento de cianeto	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
	Ácido contendo Ácido sulfúrico a 3 % e ferro dissolvido	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
	Ácido contendo sais de níquel	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio
	Ácido contendo cromo trivalente	Ajuste de pH e coagulação com sulfato de alumínio

Quadro 04: Descrição dos efluentes em cada processo e a nova forma de tratamento Fonte: Elaborado pelos autores.

O alinhamento de um sistema de gestão ambiental com o fluxo produtivo é um método muito visado por instituições, considera-se um planejamento estratégico, pois com o acompanhamento do processo, é possível prever a geração de resíduos durante toda a cadeia, deste modo às chances de identificação de problemas e intervenção são maiores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou utilizar as técnicas de produção mais limpa em galvanoplastia como forma de otimizar a gestão de efluentes. A partir da análise do cenário produtivo pesquisado foi possível alcançar o objetivo do estudo, através da identificação de substâncias problemáticas (cianeto e cromo hexavalente) dentro de alguns dos estágios, capazes de interferirem na gestão dos efluentes. Considerando há existência de tecnologias alternativas por serem isentas de compostos problemáticos para uso em galvanoplastia, constatou-se que a utilização destas emite efluentes menos agressivos por possuírem menor carga tóxica,

consequentemente menor dificuldade no tratamento e facilidade ao atendimento dos parâmetros para emissão de efluentes tratados.

Para resultados satisfatórios na gestão de efluentes, sugere-se treinamentos operacionais aos colaboradores da empresa, mais precisamente do setor estudado, com conteúdo voltado a redução no arraste de líquidos e otimização de gancheras, permitindo o desenvolvimento do senso crítico dos operadores para a questão ambiental envolvida na gestão de efluentes. A criação de indicadores ambientais para monitorar a relação do custo de tratamento versus volume tratado é necessária antes da implantação de técnicas de produção limpa, para que possam ser acompanhados os números envolvidos com as mudanças. Este estudo contribui para fortalecer a relação teórica/ prática das técnicas de produção mais limpa, evidenciando bons resultados em uma gestão ambiental a partir da substituição de determinados produtos.

REFERÊNCIAS

A EMPRESA Cavaletti. Disponível em:

<<http://www.cavaletti.com.br/empresa/detalhes/a-empresa/>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

AMARAL, A.P. do, *et al.* Porto Alegre: **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. 2003. Disponível em: http://srvprod.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/proximos_cursos/implementa%E7%E3o%20PmaisL.pdf. Acesso em: 26 jan. 2015.

BERNARDES, A. M., *et al.* **Manual de Orientações Básicas para a Minimização de Efluentes e Resíduos na Indústria Galvânica**. Porto Alegre: SENAI, 2000. 64 p.

BOSE, Purnendu; BOSE, M. Aparna; KUMAR, Sunil. **Critical evaluation of treatment strategies involving adsorption and chelation for wastewater containing copper, zinc, and cyanide**. *Advances In Environmental Research*, [s.l.], n. 7, p.179-195, 25 ago. 2001.

CAMPOS, J. R. **Efluentes de Indústrias de Acabamento de Metais: Origem, Caracterização e Tratamento**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1991. CARDOSO, Luiza Maria Nunes. C.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2006. Disponível em: <www.unep.org>. Acesso em: 16 jan. 2015.

VALENZUELA. J. **Tratamento de efluentes em indústrias galvanotécnicas**. São Paulo: Páginas e Letras – Editora e Gráfica 1999.